

惑星地球科学 II (第7回目)

生命地球史2：表層環境と生命進化

東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

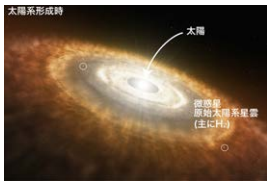
2017/11/22

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp

http://www43.tok2.com/home/isua/

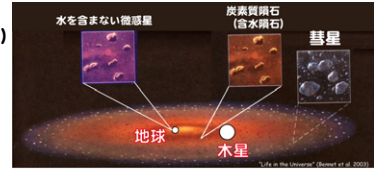
地球型惑星大気の形成過程 一次大気モデル

CH₄, H₂, NH₃を主体とした大気(ガス惑星)



太陽系星雲ガス(H₂)とマグマオーシャン(O)が反応してH₂Oを生じる。
H₂+O(rock)=H₂O

水(海)の起源 二次大気モデル(衝突脱ガス)



太陽-地球(1AU) 太陽-火星(1.5AU)
太陽-含水隕石(2AU) 太陽-木星(5AU)

微惑星の衝突による成長
(0.4地球半径で大気の形成)

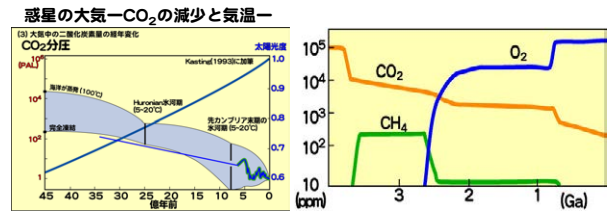


衝突した微惑星から大気成分が揮発性物質(大気成分)が放出され、大気・海洋が形成



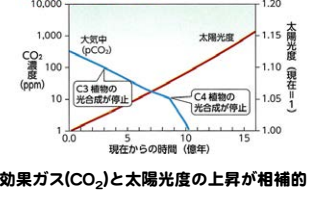
CO₂(CO), H₂O, N₂を主体とした大気

惑星の大気—CO₂の減少と気温—



成分	濃度 (bars)	存在比 (%)
金星 (Venus)	CO ₂ 86.4, N ₂ 3.2, H ₂ O 0.009, Ar 0.0063	96, 3.5, 1×10 ⁻² , 7×10 ⁻³
地球 (Earth)	N ₂ 78, O ₂ 21, H ₂ O 0.01, Ar 0.0094, CO ₂ 3.55×10 ⁻⁴	77, 21, 1, 0.93, 3.5×10 ⁻⁴
火星 (Mars)	CO ₂ 0.0062, N ₂ 0.00018, O ₂ 0.00010, H ₂ O 3.5×10 ⁻⁷	95, 2.7, 1.6, 6×10 ⁻³

植物絶滅のシナリオ



温室効果ガス(CO₂)と太陽光度の上昇が相補的

なぜ水

(1)水分子の構造

→極端な電荷の偏り→水素結合, 結合水

①水素結合

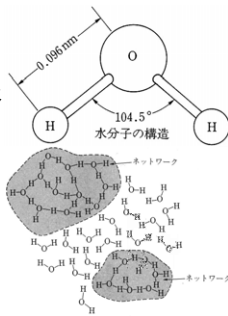
→軽分子なのに常温で液体で存在：著しく高い沸点(c.f.H₂S:-60.7°C)
→比熱が大きく、大きな潜熱
外界の温度が変わっても細胞内は急激に変化しない

②結合水の形成

→水分子は帯電しているの、溶質と静電的に結合し易い

→融点が高い

(2)いろいろなものを溶かす→物質を拡散で移動させる媒体に。
(3)粘性があまり高くない：ものを運ぶのに好都合
(4)生命の高温限界:約120°C(疎水性相互作用がなくなる)
(5)解離し、水素イオンを生成:pHの変化と膜内外で電位を生

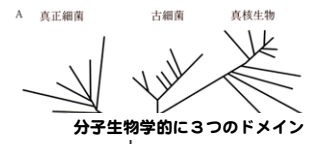


生命とは

(1)

(2)

(3)



(1) 生命は無機物から、生じるのか? ~生命の自然発生説~

- ① 古代ギリシア時代：アリストテレス(384-322BC)
→「動物性」~動物質物を問わず親から誕生するものの他に、自然発生するものが存在する(風虫やネズミ等)
- ② 17世紀：レディ(1626-1698), イタリア
→「風虫の発生に関する実験」
→蓋をしたフラスコからはウジは発生せず、蓋の空いたフラスコからのみウジが生じた(ハエの出入りがあった)
→風虫も自然発生しない
- c.f. 微生物の発見~1674年
- ③ スパランツァーニ(イタリア)
→フラスコにスープをいれ煮沸、密封。→微生物は発生せず(1768)。*空気(や生気)が入らないためとの反論
- ④ 19世紀：
全ての生物に自然発生はない。Vs 微生物ならある。

(2) 生命の自然発生説とパストゥールの実験

① プーシェ(ルーアン自然史博物館(仏)館長)

→枯れ草を入れたフラスコを密封し、

放置した後に枯草菌が発生する。

② パストゥール(1822-1895)

→パストゥールの自然発生説の否定の論文(1860年)

→微生物であっても自然発生することはない



図1-1 自菌の腐フラスコ。

(3) ダーウィンと生物進化+生命の起源

① ダーウィン(1809-1882)

→「種の起源」(1859年11月)

→生物は単純なものから高等なものへと進化した。

→最も、単純なものにはなに?その先は(生命の起源)?

② アレニウス(1859-1927)

→「パンスペルミア説(1908年, 『宇宙の始まり』)

→宇宙空間に微生物の微小な萌芽が広く分散していて、それが宇宙空間を移動して地球にやってきた

問題点

① その宇宙に広がっている生命はどのようにして生じたのか?

② 微生物が宇宙空間で生き続けられるのか?

(4) 生命の起源(地球上)についての科学的考察

① エングルス(1820-1895)

→1870年代~地質の進化的変遷のみが生命起源を説明し得ると説く

② オーバーリン(1894-1980, ロシア, 化学者)

→化学的に生命の起源を考察『生命の起源』(1924年)

→①還元的大気条件(メタン, アンモニア, 水素)で有機物が生じ、さらにそれが海洋に溶け込み、凝縮化し、コアセルベートのような細胞状の構造体が生じる。

②その中に取り込まれた

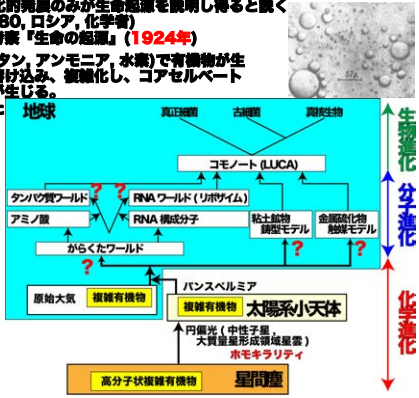
有機物は地殻を貫し、

原始スープの中で、自己維持機構を、さらに成長する能力を獲得するようになる(プロトピオント)。

プロトピオントが生命へと進化する。

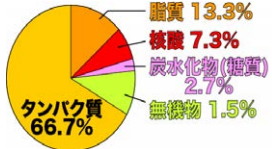
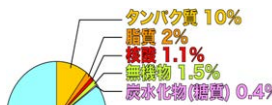
③ ホールデン(1892-1965, イギリス)

オーバーリンと同様にイギリスで同様の化学進化を提議

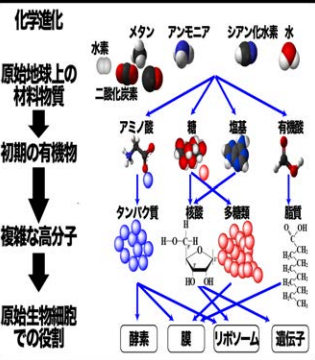


生物の組成を作る組成

- ①水 ②タンパク質(アミノ酸)
- ③脂質(細胞膜) ④核酸(DNA, RNA)
- ⑤炭水化物(糖質, DNA, RNA, エネルギー) ⑥無機物

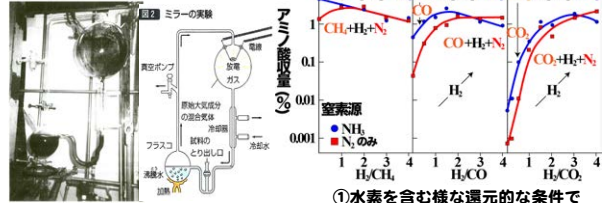


生命の起源—化学進化—

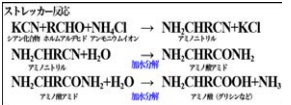
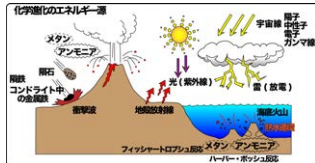


無機物質→生命へ

アミノ酸の合成



- ①水素を含む様な還元条件下でアミノ酸が形成される
- ②生成物を系から除く機構→非平衡(平衡だと逆反応)



生命の起源における物質の平衡問題は

- ①初期大気の問題
- ②加水分解の問題
- ③高度の実験
- ④最適なpHなどの条件
- ⑤阻害分子の除去
- ⑦正しい結合を必要とする。異性体が多く生じる。
- ⑧光学異性体



パンスペルミア
マーチソン隕石

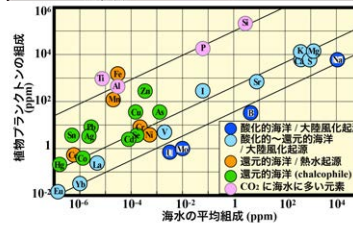
アミノ酸	マーチソン隕石	放電
グリシン	○	○
アラニン	○	○
α-アミノ-n-酪氨酸	○	○
α-アミノ酪氨酸	○	○
バリン	○	○
ノルバリン	○	○
イソバリン	○	○
プロリン	○	○
ピメコリン酸	○	×
アスパラギン酸	○	○
グルタミン酸	○	○
β-アラニン	○	○
β-アミノ-n-酪氨酸	○	○
β-アミノイソ酪氨酸	○	○
γ-アミノ酪氨酸	○	○
サルコシン	○	○
N-エチルグリシン	○	○
N-メチルアラニン	○	○

生命出現の場所

- ① 深海・熱水環境
- ② 干潟→prebiotic moleculeの形成(粘土鉱物, 脱水縮合)
- ③ 陸上の熱水環境 + 気液分離 & 気相濃集泥湖沼
- ④ 初期大陸(斜長岩 + KREEP)

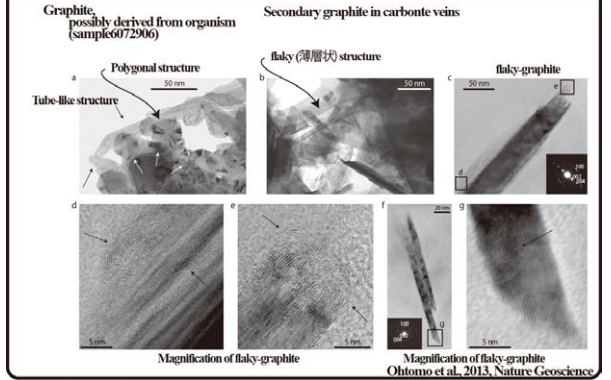
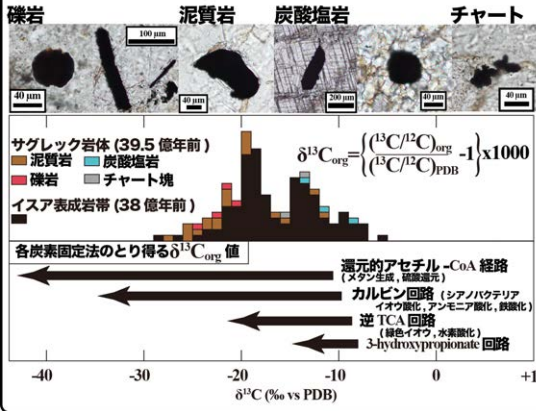
- (1) 様々な元素が含まれる。
- (2) 最初期の生命の生息場
- (3) 脱水縮合が起こりにくい

干潟: 干上がる→脱水縮合。粘土鉱物: 元素を吸着・型枠となる
陸上温泉: 干上がる→脱水縮合。高PO₄³⁻, 高K/Na比



- (1) リンの問題
- (2) カリウム

炭質物(ラブラドル, 39.5 億年前)



HyperSLIME & エネルギー代謝

超好熱性メタン生成
4H₂ + CO₂ + 2H₂O + organics

超好熱性一酸化炭素酸化性菌
CO + H₂ ⇒ H₂ + CO₂ + organics

超好熱性イオウ還元
H₂ + S + CO₂ ⇒ H₂S + organics

地球外化学プロセス
熱水 + 金属硫化物
熱水 + 金属硫化物
熱水 + 金属硫化物

無機物の供給
H₂, CH₄, CH₃SH, CO₂, SO₂

マクマ(岩石)と流入した海水の反応
3FeCO₃ + 6H₂O ⇒ 3Fe₂O₃ + 3CO₂ + 6H₂

玄武岩質

有機物の微生物による分解

炭酸塩の分解
CaCO₃ + 2H₂O ⇒ Ca(OH)₂ + 2H₂

メタン生成(炭酸塩還元)
CH₄ + CO₂ ⇒ CH₃COOH + H₂O

有機物の微生物による分解

炭酸塩の分解
CaCO₃ + 2H₂O ⇒ Ca(OH)₂ + 2H₂

メタン生成(炭酸塩還元)
CH₄ + CO₂ ⇒ CH₃COOH + H₂O

有機物の微生物による分解

炭酸塩の分解
CaCO₃ + 2H₂O ⇒ Ca(OH)₂ + 2H₂

メタン生成(炭酸塩還元)
CH₄ + CO₂ ⇒ CH₃COOH + H₂O

有機物の微生物による分解

炭酸塩の分解
CaCO₃ + 2H₂O ⇒ Ca(OH)₂ + 2H₂

メタン生成(炭酸塩還元)
CH₄ + CO₂ ⇒ CH₃COOH + H₂O

